

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

DIALOG(R) File 351:Derwent WPI
(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

013964571 **Image available**
WPI Acc No: 2001-448785/ 200148

XRPX Acc No: N01-332430

Oscillating wave motor includes piezoelectric element having several electrodes of same polarity, which produces vibrations of different frequency

Patent Assignee: CANON KK (CANO)

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
JP 2001157473	A	20010608	JP 99335878	A	19991126	200148 B

Priority Applications (No Type Date): JP 99335878 A 19991126

Patent Details:

Patent No Kind Lan Pg Main IPC Filing Notes

JP 2001157473 A 16 H02N-002/00

Abstract (Basic): JP 2001157473 A

NOVELTY - The piezoelectric element (2) has several electrodes of same polarity and is fed with alternating signal. The piezoelectric element drives a conveyor conveying fine particles, by producing vibrations of different frequency. The drive area of each electrode is of quarter wavelength distance.

DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is also included for conveyor.

USE - For driving conveyor conveying fine particles, fluid.

ADVANTAGE - An inexpensive conveyor having a simple structure, is achieved as oscillating wave motor is used for driving the conveyor.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows the surface and backside view of piezoelectric element. (Drawing includes non-English language text).

Piezoelectric element (2)

pp; 16 DwgNo 2/31

Title Terms: OSCILLATING; WAVE; MOTOR; PIEZOELECTRIC; ELEMENT; ELECTRODE; POLARITY; PRODUCE; VIBRATION; FREQUENCY

Derwent Class: V06

International Patent Class (Main): H02N-002/00

File Segment: EPI

Manual Codes (EPI/S-X): V06-M06D1

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-157473

(P2001-157473A)

(43)公開日 平成13年6月8日(2001.6.8)

(51)Int.Cl.⁷

H 02 N 2/00

識別記号

F 1

H 02 N 2/00

テ-テコート(参考)

C 5 H 6 8 0

審査請求 未請求 請求項の数15 OL (全16頁)

(21)出願番号 特願平11-335878

(22)出願日 平成11年11月26日(1999.11.26)

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 藤本 幸輔

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

(72)発明者 片岡 健一

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

(74)代理人 100067541

弁理士 岸田 正行 (外2名)

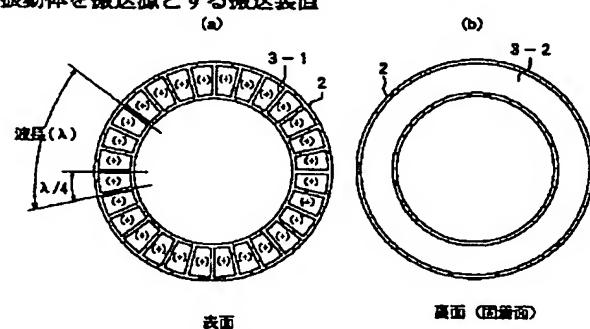
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電気機械エネルギー変換素子を振動源とする振動体、この振動体を駆動源とする振動波駆動装置、振動波駆動装置を有する装置およびこの振動体を搬送源とする搬送装置

(57)【要約】

【課題】振動体に励振する複数の定在波の波長、振幅のむらを排除し、駆動波を安定化できる振動体を提供する。

【解決手段】円環形状の圧電素子により弾性体に複数の定在波を形成し、各定在波の合成で進行性の振動波を励起する振動体において、圧電素子は励起する振動の半波長の領域を定在波の数で等分割し、互いに等しい極性分布にした駆動領域をそれぞれ複数の定在波の励起に用いると共に、隣接する駆動領域が等しい極性分布となるようにして複数配置する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 弹性体と電気-機械エネルギー変換素子とにより構成され、前記電気-機械エネルギー変換素子への交番信号の印加で形成される所定の波長の複数の振動の合成で前記弹性体の駆動部に駆動振動を形成する電気-機械エネルギー変換素子を駆動源とする振動体において、

前記電気-機械エネルギー変換素子は、振動の半波長の領域を合成する振動の数で等分割した複数の駆動領域が形成され、前記各駆動領域における極性分布が各駆動領域で互いに等しく分布している前記半波長の駆動領域を複数組配置し、隣接する前記駆動領域の極性分布と同じ極性としたことを特徴とする電気-機械エネルギー変換素子を駆動源とする振動体。

【請求項2】 前記駆動領域は圧電素子を分極してなる分極領域であって、前記分極領域内の分極の極性分布が互いに等しいことを特徴とする請求項1記載の電気-機械エネルギー変換素子を駆動源とする振動体。

【請求項3】 前記分極領域内の分極を圧電素子の歪みの方向と直交する同一の方向に施したことを特徴とする請求項2記載の電気-機械エネルギー変換素子を駆動源とする振動体。

【請求項4】 前記駆動領域は、圧電素子の歪み方向にさらに分割された複数の小領域で形成され、前記各小領域は圧電素子の歪み方向と平行な方向で、隣り合う前記小領域間で逆方向に分極されていることを特徴とする請求項2記載の電気-機械エネルギー変換素子を駆動源とする振動体。

【請求項5】 前記分極領域内の小領域の境界部分に第一の電極と第二の電極を等ピッチで交互に周方向に複数配置し、前記第一の電極の群と前記第二の電極の群の間で分極処理が施されていることを特徴とする請求項4記載の電気-機械エネルギー変換素子を駆動源とする振動体。

【請求項6】 前記第一の電極を共通電極として短絡し、前記第二の電極を複数の領域ごとに短絡して駆動電極群を形成し、前記複数の振動を励起する分極領域を形成したことを特徴とする請求項5記載の電気-機械エネルギー変換素子を駆動源とする振動体。

【請求項7】 前記電気-機械エネルギー変換素子の表裏に鏡面对称に前記電極が施されていることを特徴とする請求項5または6記載の電気-機械エネルギー変換素子を駆動源とする振動体。

【請求項8】 前記電気-機械エネルギー変換素子は、前記電気-機械エネルギー変換素子の歪み方向と直交する方向に複数枚重ねた積層構造であることを特徴とする請求項4から7のいずれか一つに記載の電気-機械エネルギー変換素子を駆動源とする振動体。

【請求項9】 前記弹性体は電気機械エネルギー変換素子と同じ材料で、一体的に形成されていることを特徴とす

る請求項1から8のいずれか一つに記載の電気-機械エネルギー変換素子を駆動源とする振動体。

【請求項10】 前記弹性体には厚み方向に複数の溝が形成されていることを特徴とする請求項1から9のいずれか一つに記載の電気-機械エネルギー変換素子を駆動源とする振動体。

【請求項11】 前記複数の溝は、振動体に励起する複数の振動の腹および節に対して対称に配置されていることを特徴とする請求項10記載の電気-機械エネルギー変換素子を駆動源とする振動体。

【請求項12】 前記電気-機械エネルギー変換素子の一部に振動モニタ用の領域を備えていることを特徴とする請求項1から11のいずれか一つに記載の電気-機械エネルギー変換素子を駆動源とする振動体。

【請求項13】 請求項1から12のいずれか一つに記載の振動体と、前記振動体に加圧接触する接触体とを有し、前記駆動振動によって前記振動体と前記接触体とを相対的に駆動することを特徴とする振動体を駆動源とする振動波駆動装置。

【請求項14】 請求項13に記載の振動波駆動装置を駆動源として被駆動体を駆動することを特徴とする振動波駆動装置を有する装置。

【請求項15】 請求項1から12のいずれかに記載の電気-機械エネルギー変換素子を振動源とする振動体を有し、前記弹性体の駆動部に流体または粉体を搬送する搬送管を接触させ、前記搬送管内を流体または粉体を搬送させることを特徴とする搬送装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電気-機械エネルギー変換素子としての圧電素子を振動源として弹性体に駆動振動を形成する振動体と、この振動体を駆動源とする振動波駆動装置およびこの振動体を駆動源とする装置および被搬送体として流体や粉体を搬送する搬送装置に関する。

【0002】

【従来の技術】振動波モータは、低速度で大きなトルクを取り出せるアクチュエータであるとともに、電磁モータが持つコギングがなく、回転むらが少ないことが特徴である。とくに、進行波型の振動波モータは、弹性体に振動振幅が一様な進行性の振動波を起こし、これに加圧接触された移動体を連続的に駆動することにより、原理上では回転むらが生じないとされている。

【0003】図21は、従来の振動波モータの振動体の斜視図である。1は金属などの弹性体製の振動体、2は円環状の電気-機械エネルギー変換素子としての圧電素子で、電圧印加用の電極3が設けられている。なお、前記振動体には、圧電素子の取り付け側とは反対の面に、摩擦材料を介して接触体が(不図示)の加圧手段を介して加圧接触し、移動体を押圧する。前記振動体と前記接

触体とが相対移動するもので、前記振動体をステータとして用いると、前記接触体はロータ（移動体）として作用する。

【0004】図22(1)～(3)は、進行波型振動波モータの駆動原理を示す展開図である。

【0005】図22(1)は、振動体に励起する第一の定在波（これをA相定在波と呼ぶ）であり、図22(2)は振動体に励起する第二の定在波（これをB相定在波と呼ぶ）である。図示したAおよびB相定在波は、各節位置（腹位置）が互いに4分の1波長ずれている。この2つの定在波を時間的位相差を90°をもって同時に励起し、重ね合わせることによって、図22(3)に示した一様な振幅を持つ進行波を合成することができる。このようにして曲げ進行波が励起された振動体の曲げ変形の中立面より離れた点が梢円運動をするため、前記振動体の片面（圧電素子の接着面とは反対面）に移動体を押圧し、梢円運動の頂点近傍で接触させるようにすると、前記振動体と前記移動体の間に働く摩擦力によって、前記移動体が駆動される。

【0006】前記A、B各相定在波を励起するために、前記振動体を構成する前記弾性体に固着する圧電素子は、圧電セラミックス等で構成される单一の円板に、複数の電極を蒸着などで形成し、この複数の電極が形成された領域について分極処理することによって、単一の素子で2つの定在波を励起することを可能にしている。

【0007】図23に代表的な分極パターンを示す。

【0008】図23(a)に示すように、間に4分の1波長の非駆動部を挟んでA相定在波と、B相定在波をそれぞれ形成する2群の電極群（以下A相電極群、B相電極群と呼ぶ）が設けられており、A、B相の各電極群内では、2分の1波長の長さをもつ電極が、図中の(+)、(-)記号で示すように隣り合う電極が互いに逆方向に分極されている。

【0009】A相、B相の各電極群は、導電性ペースト、あるいは、フレキシブルプリント基板などの手段でそれぞれ短絡され、図23(b)に示すように、裏面のグランド電極3-2との間に所望の電圧を印加することによって、分極方向と直交した方向の伸縮力が発生し、振動体に曲げモーメントが加わることによって、上述した2つの定在波が、A相電極群、B相電極群に印加する各駆動信号（以下A相、B相と呼ぶ）で励起される。

【0010】しかしながら、上記従来例のように、一体の圧電素子に互いに逆方向に分極処理を施した場合には、以下の問題があった。

【0011】図24は、互いに逆方向に分極する圧電素子の隣り合う電極部分の断面図である。図中の矢印は、分極時に各電極に印加した電位差による電気力線を示している。

【0012】図示したように、2つの電極の境界部から離れた部分では、電気力線はほぼ厚み方向に走ってお

り、分極の方向もこの電気力線の方向に施される。

【0013】しかしながら、隣り合う電極の間に設けた境界部分の電気力線は、厚み方向ではなく、隣り合う電極間で厚み方向と直交する方向に走っているため、分極も、厚み方向と直交する方向に施されてしまう。

【0014】一方、振動体の曲げ剛性は、主に弾性体の曲げ剛性と、固着する圧電素子の剛性で決まる。圧電素子は、振動体の中立面から離れた位置に固着されるため、振動体の曲げ剛性に寄与するのは振動方向と直交した方向の剛性である。

【0015】圧電素子の継弾性係数は、施された分極方向によって、異方性を持つ。分極方向と平行な方向の継弾性係数をY33、分極方向と直交方向の継弾性係数をY11とすると、通常

$$Y11 > Y33$$

の関係を持っている。

【0016】電極の中央付近では、ほぼ厚み方向に分極されるため、厚さ方向と直交する方向の継弾性係数はY11であるが、互いに隣り合って逆方向に分極された場合、その境界領域では、厚さ方向と直交する方向の継弾性係数はY33となる。このため、互いに逆方向に分極された電極の境界領域の継弾性係数は電極部分よりも小さい値となっている。

【0017】振動体に励起される定在波の伝播速度は、振動体の各部分の曲げ剛性と、線密度によって決定され、これが一様でないと曲げ振動の伝播速度が部分的に変化するため、励起された定在波の波長が変化し、場所によって波長のむらを生じてしまう。

【0018】図25は、図23の分極パターンによって生ずる波長のむらを、4分の1波長の被駆動部を中心にして展開図に示したものである。

【0019】A相電極群によって励起されたA相定在波は、A相電極群の領域ではその振動の腹が電極の中央にあたり、B相電極群の領域においては、その振動の腹が電極の境界領域と一致する位置にある。

【0020】このため、A相の定在波にとって、振動体のA相電極群の領域は曲げ剛性が高く、B相電極群の領域では曲げ剛性が低くなる。このため、A相領域では振動の伝播速度が大きいため、波長が長く、B相領域では振動の伝播速度が遅く、波長が短くなる。

【0021】同様にB相電極群によって励起された定在波は、A相領域で波長が短く、B相領域で波長が長くなる。

【0022】このように、A B各定在波の波長にむらを生じるため、合成された進行波振幅には、図25のような振幅むらが生じることがわかった。

【0023】進行波振幅にむらがある場合、移動体の駆動速度にむらを生じるため、移動体の圧接力にむらがあったり、触面が完全な平面でないことによって、移動体と振動体の相対位置によって移動体の速度むらを生ず

る。

【0024】また、送り速度の異なる領域を移動体が等速で摺動することによって、送り力を相殺しあう領域が生じ、摩擦損失によって効率が低下する。

【0025】さらに、移動体と振動体の間に働く圧接力が振動体の位置によって異なるため、振動体の摩擦面の偏摩耗を引き起こし、モータの寿命を縮める結果となる。

【0026】そこで、隣りあう電極間が互いに異なる方向の分極とならないように、すべての電極領域を同じ方向に分極したものが、図26に示す分極パターンである。

【0027】このパターンでは、間に4分の1波長の非駆動部を挟んでA相、B相の各電極群が形成され、各群内では、2分の1波長の長さをもつ電極が、配置されている。被駆動部電極を含むすべての電極領域では、図の(+)記号で示すように、すべて厚み方向の同じ方向に分極されている。

【0028】A相の電極群内の、1つおきの電極群A+、および残りの電極群B+をそれぞれ並列に接続し、2群の電極の間に交番電圧を印加することによって、A相の定在波が励振できる。

【0029】B相についても同様に、B相の電極群内の、1つおきの電極群B+、および残りの電極群B+をそれぞれ並列に接続し、2群の電極の間に交番電圧を印加することによって、B相の定在波が励振できる。

【0030】そして、A、B相に印加する交番電圧に、時間的位相差90°を持たせて同時に印加することによって振動体に進行性の振動波を励振することができる。

【0031】このパターンでは、すべての電極領域において、同じ厚み方向に分極されているため、上述したような、電極間での横方向の分極は生じないことから、上述したような曲げ剛性の不均一をなくすることができます。

【0032】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した従来例においては、以下に述べる問題点があった。

【0033】図26に示した分極パターンを用いた振動体においては、各相の振動を励起する分極領域は、半周以下の領域に偏って配置されている。各分極領域で励起された振動は、振動体の内部の減衰あるいは移動体を押圧することによって生ずる減衰によって、振幅が減衰しながら振動体を伝播することになる。

【0034】図27は、移動体の回転速度に対する、振動体に印加した外乱の加振力に対する減衰比をグラフにしたものである。回転数の低い領域では、振動体の振幅が小さく、減衰比が大きくなっている。このグラフから、低回転での駆動時、および起動時には、振動体の振動の減衰が大きく、圧電素子から振動体への加振力によって生ずる振動は、振動体を伝播するうちに減衰してい

ることが考えられる。

【0035】図28は、微小な振幅で駆動しているときの、A、Bの各定在波、およびそれらの合成の進行波の振動振幅を、振動体の4分の1波長の非駆動電極の中央の位置から振動体を切り開いて展開図にして表したものである。

【0036】図28(1)は、A相のみに交番電圧を印加して測定した振動体の振動変位、図28(2)は、B相のみに交番電圧を印加して測定した振動体の振動変位である。

【0037】A相印加時には、A相を励振する圧電素子の分極領域が配置されている角度領域においては振幅が大きく、そこから離れるに従って振幅が低下している。同様に、B相印加時には、B相を励振する圧電素子の分極領域が配置されている角度領域においては振幅が大きく、そこから離れるに従って振幅が低下している。

【0038】図28(3)は、A相、B相の両方に90°の時間的位相がずれた交番電圧を印加した場合の振動体の振動振幅である。A、B相の各振動が減衰していることによって、進行波振幅は、A、B相の分極領域群の位置で定在波成分が大きく、振動振幅のむらが大きい。定在波成分が大きい領域では、駆動位置での梢円運動の形状が変形し、周方向の送り成分が減少することとなる。

【0039】このように、振幅のむらが大きくなると、起動するのにより大きな振幅が必要になり、また、低振幅の駆動時には、移動体の駆動速度にむらを生じるため、移動体の圧接力にむらがあったり、接触面が完全な平面でないことによって、移動体と振動体の相対位置によって移動体の速度むらを生ずる。

【0040】また、送り速度の異なる領域を移動体が等速で摺動することによって、送り力を相殺しあう領域が生じ、摩擦損失によって効率が低下する。

【0041】さらに、移動体と振動体の間に働く圧接力が振動体の位置によって異なるため、振動体の摩擦面の偏摩耗を引き起こし、モータの寿命を縮める結果となる。

【0042】本出願に係る発明の目的は、振動体に励振する複数の定在波の波長のむら、および、振幅のむらを排除し、複数の定在波の合成としての駆動波を安定化できる電気機械エネルギー変換素子を振動源とする振動体、この振動体を駆動源とする振動波駆動装置、およびこの振動体を搬送源とする搬送装置を提供しようとするものである。

【0043】

【課題を解決するための手段】本出願に係る発明の目的を実現する電気機械エネルギー変換素子を振動源とする振動体の第1の構成は、弾性体と電気-機械エネルギー変換素子とにより構成され、前記電気-機械エネルギー変換素子への交番信号の印加で形成される所定の波長の複数の振動の合成で前記弾性体の駆動振動を形

成する電気-機械エネルギー変換素子を駆動源とする振動体において、前記電気-機械エネルギー変換素子は、振動の半波長の領域を合成する振動の数で等分割した複数の駆動領域が形成され、前記各駆動領域における極性分布が各駆動領域で互いに等しく分布している前記半波長の駆動領域を複数組配置し、隣接する前記駆動領域の極性分布を同じ極性としたことを特徴とする。

【0044】本出願に係る発明の目的を実現する電気機械エネルギー変換素子を振動源とする振動体の第2の構成は、上記第1の構成で、前記駆動領域は圧電素子を分極してなる分極領域であって、前記分極領域内の分極の極性分布が互いに等しいことを特徴とする。

【0045】本出願に係る発明の目的を実現する電気機械エネルギー変換素子を振動源とする振動体の第3の構成は、上記第2の構成で、前記分極領域内の分極を圧電素子の歪みの方向と直交する同一の方向に施したことと特徴とする。

【0046】本出願に係る発明の目的を実現する電気機械エネルギー変換素子を振動源とする振動体の第4の構成は、上記第2の構成で、前記駆動領域は、圧電素子の歪み方向にさらに分割された複数の小領域で形成され、前記各小領域は圧電素子の歪み方向と平行な方向で、隣り合う前記小領域間で逆方向に分極されていることを特徴とする。

【0047】本出願に係る発明の目的を実現する電気機械エネルギー変換素子を振動源とする振動体の第5の構成は、上記第4の構成で、前記分極領域内の小領域の境界部分に第一の電極と第二の電極を等ピッチで交互に周方向に複数配置し、前記第一の電極の群と前記第二の電極の群の間で分極処理が施されていることを特徴とする。

【0048】本出願に係る発明の目的を実現する電気機械エネルギー変換素子を振動源とする振動体の第6の構成は、上記第5の構成で、前記第一の電極を共通電極として短絡し、前記第二の電極を複数の領域ごとに短絡して駆動電極群を形成し、前記複数の振動を励起する分極領域を形成したことを特徴とする。

【0049】本出願に係る発明の目的を実現する電気機械エネルギー変換素子を振動源とする振動体の第7の構成は、上記第5または第6の構成で、前記電気-機械エネルギー変換素子の表裏に鏡面対称に前記電極が施されていることを特徴とする。

【0050】本出願に係る発明の目的を実現する電気機械エネルギー変換素子を振動源とする振動体の第8の構成は、上記第4から第7のいずれかの構成で、前記電気-機械エネルギー変換素子は、前記電気-機械エネルギー変換素子の歪み方向と直交する方向に複数枚重ねた積層構造であることを特徴とする。

【0051】本出願に係る発明の目的を実現する電気機械エネルギー変換素子を振動源とする振動体の第9の構

成は、上記いずれかの構成で、前記弹性体は電気機械エネルギー変換素子と同じ材料で、一体的に形成されていることを特徴とする。

【0052】本出願に係る発明の目的を実現する電気機械エネルギー変換素子を振動源とする振動体の第10の構成は、上記いずれかの構成で、前記弹性体には厚み方向に複数の溝が形成されていることを特徴とする。

【0053】本出願に係る発明の目的を実現する電気機械エネルギー変換素子を振動源とする振動体の第11の構成は、上記第10の構成で、前記複数の溝は、振動体に励起する複数の振動の腹および節に対して対称に配置されていることを特徴とする。

【0054】本出願に係る発明の目的を実現する電気機械エネルギー変換素子を振動源とする振動体の第12の構成は、上記いずれかの構成で、前記電気-機械エネルギー変換素子の一部に振動モニタ用の領域を備えていることを特徴とする。

【0055】本出願に係る発明の目的を実現する振動体を駆動源とする振動波駆動装置の構成は、上記いずれかの構成の振動体と、前記振動体に加圧接触する接触体とを有し、前記駆動振動によって前記振動体と前記接触体とを相対的に駆動することを特徴とする。

【0056】本出願に係る発明の目的を実現する振動波駆動装置を有する装置は、上記の振動波駆動装置を駆動源として被駆動体を駆動することを特徴とする。

【0057】本出願に係る発明の目的を実現する搬送装置は、上記いずれかの振動体を有し、前記弹性体の駆動部に流体または粉体を搬送する搬送管を接触させ、前記搬送管内を流体または粉体を搬送させることを特徴とする。

【0058】

【発明の実施の形態】（第1の実施の形態）図1～図5は本発明の第1の実施の形態を示す。

【0059】まず、本実施の形態の全体構成を説明する。

【0060】図1は振動体に移動体を加圧接触させた振動波駆動装置としての振動波モータの概略構成を示す斜視図を示す。

【0061】本実施の形態における振動体は、円環形状に形成された金属製の弹性体1に、曲げ振動によって生じる周方向の変位を拡大する目的で、複数の変位拡大用の溝4が放射方向に沿って形成されている。弹性体1の、溝が形成されている面と反対側の面には、円環状の電気-機械エネルギー変換素子としての圧電素子2が接着剤、ろう付けなどの方法により、固定されている。

【0062】図2は図1に示す圧電素子2の電極パターン、および分極方向を示す。図2(a)はパターン電極面、図2(b)は裏面の共通電極面を示す。共通電極面が弹性体1に固定され、共通電極3-2が、弹性体1と電気的に導通している。

【0063】図2(a)において、電極3-1は、4分の1波長($\lambda/4$)のピッチで全周に形成され、各電極での分極方向は、図中+方向で示すように、全て同方向に形成されている。

【0064】本実施の形態の振動体は、圧電素子の周方向の伸縮によって、1周に7つの曲げ変形を起こす振動モードを用いるものである。なお、この振動モードの形成原理は、圧電素子が厚み方向に縮むと、圧電素子の厚み方向と直交する方向において圧電素子には伸びが生じ、逆に圧電素子が厚み方向に伸びると、圧電素子の厚み方向と直交する方向において圧電素子に縮みが生じることを利用しており、1波長(λ)の長さにおいて、圧電素子により周方向に4分の1半波長($\lambda/4$)の伸びと4分の1半波長($\lambda/4$)の縮みを半波長($\lambda/2$)の位置的位相を有して同時に形成することで定在波を形成するようにしている。

【0065】図3(a)はA相定在波駆動時のA相駆動電極と、節の位置を示し、図3(b)はB相定在波駆動時のB相駆動電極と、節の位置を示す。

【0066】図3(a)において、(A+)、(A-)の記号で示した領域がA相駆動電極である。(A+)電極と、(A-)電極には、互いに逆位相の交番電圧が印加される。破線は、A相の定在波駆動時の節の位置を示す。

【0067】A相パターン電極は、A相の振動モードを励起するために、振動振幅が極大となる腹の位置に、各半波長($\lambda/2$)あたりに1つずつ14個所において均等に配置されている。

【0068】すなわち、隣接する(A+)と(A+)の電極は波長のピッチで、同様に(A-)と(A-)の電極も波長入のピッチで、(B+)と(B+)、(B-)と(B-)の電極も波長入のピッチで形成される。

【0069】図3(b)に示したB相パターンは、A相と位置的位相が4分の1波長($\lambda/4$)ずれた位置で7次の振動モードを励起させるため、A相パターンと $\lambda/4$ ずれた位置で、 $\lambda/2$ のピッチで均等に配置される。

【0070】そして、A相パターン、B相パターンを同じ円周上に配置するため、A相、B相の各パターン電極は、 $\lambda/4$ の角度長を持つ、扇形の形状としている。

【0071】A、B相の各パターン電極は、図中(+)の記号で示すように、すべてが厚み方向に同じ極性に分極されている。

【0072】図4は、本実施の形態の圧電素子2への給電を行うためのフレキシブルプリント基板を示す。

【0073】電圧印加のためのフレキシブルプリント基板7は圧電素子2に接着剤などで貼り付けられている。フレキシブルプリント基板7の給電電極は、それぞれ(A+)、(A-)、(B+)、(B-)の4つの電極に分けられ、波長入のピッチで設けられた各グループの電極露出部であるランド7-1が、圧電素子のパターン

電極を波長入のピッチでそれぞれ短絡している。

【0074】本実施の形態の振動体の駆動方法は、(A+)と(A-)電極間、および、(B+)と(B-)電極間に互いに時間的位相が90°ずれた交番電圧を不図示の駆動装置により印加する。圧電素子の固着面の共通電極を挟んで(A+)と(A-)の圧電素子が直列に接続されるため、素子上で同極性に分極された分極領域が電気的には逆に接続され、(A+)と(A-)に接続された各分極領域は、互いに逆位相の伸縮力を発生することとなる。こうして、A、Bの各相の定在波が、位置的位相差 $\lambda/4$ 、および時間的位相差90°をもって励起され、進行性の振動波が励起される。

【0075】本実施の形態では全ての電極が軸方向に同極性に分極されている。

【0076】図5は本実施の形態の圧電素子の分極部分の断面図を示す。

【0077】図5において、矢印は、分極時にバターン電極3-1と、共通電極3-2間に走る電気力線を表しており、分極も矢印で示した電気力線の方向に施される。

【0078】バターン電極3-1の境界部では、表面近くで電気力線が横方向に走る領域がある。この領域においては、横方向の歪みに対しての継弾性係数が変化して大きくなるが、この領域は、全ての隣り合うバターン電極間に存在し、A相、B相それぞれの定在波の節に対して対称な位置にあるから、A、B各相の波長の不均一や、振動が励起される位置のずれの原因とはならない。

【0079】本実施の形態の圧電素子の構成では、従来のように隣り合う分極領域が互いに逆方向に分極されていることによって、その分極領域間における周方向の分極による継弾性係数の変化が生じることがなく、一様な剛性分布を持たせることができている。

【0080】次に、本実施の形態の分極領域配置について説明する。

【0081】本実施の形態の分極領域配置は、図2(a)に示すように、半波長の領域に、駆動振動を合成する2つの振動を励起するA、Bの2相の分極領域が配置された隣り合う2つの分極領域を複数配置した構成となっている。

【0082】図19は、本実施の形態の分極領域配置の基本となる、隣り合う4分の1波長の2領域をそれぞれA、Bの2相とした1組だけを配置した構成を表す。図20(1)は、図19の分極パターンにおいて、A相のみの駆動による定在波振動の分布、図20(2)は、同様にB相のみの駆動による定在波振動の分布、図20(3)はA相、B相にそれぞれ90°の時間的位相がずれた交番電流を印加して得られたA相、B相の合成振動である進行性振動はを励起したときの振幅分布、図20(4)は各部における、継振動継振動成分に対する送り方向振動成分の比率(梢円比)の分布を表したもので

ある。

【0083】A相の分極領域で加振された振動は、図20(1)に示すように、加振された領域で振動振幅が大きく、振動体の減衰、あるいは振動体との摩擦負荷による減衰によって、振幅を減少させながら伝播し、A相分極領域の対角において極小となる。B相の分極領域で加振された振動についても、図20(2)に示すように同様に分布する。

【0084】しかしながら、A、B相の各相の加振は、隣り合う領域において加振されているため、各位置におけるA、B相振動の減衰に大きな差がなく、振幅比率は1:1に近くなる。そのため、図20(4)に示すように、縦振動成分に対する送り方向振動成分の比率(梢円比)は略均一な分布となる。

【0085】図20(3)に示した合成振動振幅の分布のように、分極領域から離れた箇所では振幅が減少するが、図19に示した配置を複数組配置することによって合成振動振幅の分布を均一化することができる。

【0086】本実施の形態では、振動体の周間に均等に配置しているため、合成振動振幅の分布および梢円比の分布は共に全周に渡って均一にすることができている。

【0087】上述したように、本実施の形態では、剛性が一様で、均等な加振が実現することによって、定常駆動だけでなく、減衰の大きい条件においても、振幅むらがなく、駆動力が一様な振動体が実現できる。

【0088】さらに、本実施の形態では、図1に示すように、弾性体に施した変位拡大用の溝が各駆動領域に対して対称に配置されているため、該溝によって生ずる弾性体の剛性の不均一が各(A、B相)振動に与える影響と等しい均一な振動を妨げることなく振幅を拡大できる。

【0089】円環状の移動体を圧接させて相対駆動する場合では、停止状態からの起動時の、減衰が大きい振幅領域においても均等な振動振幅が得られ、駆動力が均等に働くために、滑らかな起動が可能となる。

【0090】さらに、低振幅での連続駆動においても、剛性の不均一、および駆動力の不均一を原因とする振動振幅むらが少ないため、回転むらが少なく、また圧接部の摺動部の偏摩耗が減り、長寿命化が実現できる。

【0091】(第2の実施の形態)図6～図8は本発明の第2の実施の形態を示す。

【0092】本実施の形態では、5次の振動モードを励起する圧電素子の分極を、周方向に施したものである。すなわち、上記した第1の実施の形態では、圧電素子の分極方向は厚み方向とし、厚み方向の変位で生じる周方向の伸縮を利用して弾性体に振動を形成するようしているが、本実施の形態では、圧電素子への交番信号の印加により圧電素子を直接周方向に伸縮できるようにしたものである。

【0093】本実施の形態において、共通電極3-2

は、外周の円環部から内周側に向けて歯状電極部が等ピッチで形成された歯状形状のパターンで、振動体に励振する5次の振動モードの波長入に対し、入/4の角度を持つ分極領域の隣り合う境界に夫々歯状電極部(以下境界歯状電極部と呼ぶ)を位置させ、この両方の該境界歯状電極部の間に2つの歯状電極部(内側歯状電極部と呼ぶ)を配置するようにしている。そして、その入/4の領域内で共通電極3-2の境界歯状電極部と内側歯状電極部の周方向における間に、駆動電極3-2の歯状駆動電極部が配置されている。

【0094】すなわち、駆動電極3-1は、入/4の領域内で、内周の円弧部から外周側に向けて等ピッチで延びる内側歯状電極部を有し(本実施の形態では3本)、この内側歯状電極部が共通電極3-2の各歯状電極部の間に配置され、入/4の領域内で、共通電極3-2の歯状電極と駆動電極3-1の歯状電極とが交互に配置されている。そして、このような構成を入/4の領域内ごとに全周に渡り形成している。なお、裏面には電極は設けていない。

【0095】本実施の形態における圧電素子の分極処理は、駆動電極3-1の全てを(+)とし、共通電極3-2を接地して分極することによって、図7に示すように、駆動電極3-1の歯状電極部から周方向両方向に對向する共通電極3-2の歯状電極部に向かった分極が施される。

【0096】図8は圧電素子2の周方向断面の分極時の電気力線を示す。駆動電極3-1の中央部付近の圧電素子は厚み方向にも分極されてしまうが、これによって生ずる、縦弹性係数の不均一は、励起される複数の振動の全ての節に対して対称であり、さらに駆動波長に対して短い間隔で生じるため、駆動振幅への影響を小さくできている。

【0097】第1の実施の形態と同様にして、駆動電極を入/2のピッチで、交互に(A+)、(A-)とし、これらと入/4ずれた駆動電極を、入/2のピッチで、交互に(B+)、(B-)として、(A+)と(A-)電極間、(B+)と(B-)電極間にそれぞれ時間的位相が90°ずれた交番電圧を印加すると、圧電素子の共通電極を挟んで(A+)と(A-)の圧電素子が直列に接続されるため、素子上で同極性に分極された分極領域が電気的には逆に接続され、(A+)と(A-)に接続された各分極領域は、互いに逆位相の伸縮力を発生することとなる。こうして、A、Bの各相の定在波が、位置的位相差入/4、および時間的位相差90°をもって励起され、進行性の振動波が励起される。

【0098】本実施の形態では全ての分極領域において、入/4のピッチで回転対称に、また各振動の節線に對して対称に分極されているため、分極の方向による縦弹性係数の変化によってA、B各相の定在波の振動位置がずれたり、振幅が変化することがない。

【0099】さらに、各半波長の領域を2等分した4分の1波長の領域をそれぞれA相、B相とした領域の組を基本の配置としているために、A、B両相の振動の減衰の差が少なく、これを全周に配置しているため、振動系の減衰が大きい条件においても、振幅を均等にすることができる。

【0100】本実施の形態では、圧電素子に周方向の分極を用いて周方向に発生する力を励振に用いている。厚み方向の分極を用いて周方向の発生力を取り出す場合と比較して、圧電定数は2倍であるため、第1の実施の形態と比較して、より低い電圧で同等の駆動力が得られ、同じ駆動電圧においては、より大きな駆動力が得られる利点がある。

【0101】また、裏面には電気的な配線が不要であるから、弹性体を圧電素子と一緒に焼成したのち、表面にパターンを形成して分極することも可能となる。

【0102】(第3の実施の形態)図9は本発明の第3の実施の形態の圧電素子を示す。

【0103】本実施の形態では、上記した第2の実施の形態に示した表面の電極パターンを、表裏鏡面对称に設けたものである。

【0104】共通電極3-2は第2の実施の形態と同様に、外周で円環状に連結されたくし歯形状のパターンで、振動体に励振する5次の振動モードの波長入に対し、入/4の角度を持つ分極領域の隣り合う境界に共通電極を配置し、その入/4の領域内でのくし歯状共通電極と、その入/4の領域内で、内周で円弧状に連結されたくし歯状の駆動電極3-1のくし歯とが交互に配置されている。

【0105】一方、裏面には、表面の電極パターンと表裏鏡面对称の配置で電極が施され、分極処理、および駆動時には、表面の裏面と鏡面对称の位置にある共通電極および駆動電極と短絡して用いる。

【0106】そして、駆動電極3-1の全てを(+)とし、共通電極を接地して分極することによって、図10に示すように、駆動電極のくし歯と共通電極のくし歯が隣り合う領域において、面内の、主に周方向に分極が施される。

【0107】図11は圧電素子2の周方向断面の分極時の電気力線を示す。表裏鏡面对称に電極を配置し、分極しているため、電気力線も表裏対称となる。駆動電極3-1の中央部付近の圧電素子は厚み方向にも分極されてしまうが、これによって生ずる継弾性係数の不均一は、励起される複数の振動の全ての節に対して対称であり、さらに駆動波長に対して短い間隔で生じるため、駆動振幅への影響を小さくできている。表裏対称なパターンをしているため、同じ厚さの場合は、第2の実施の形態と比較して厚み方向に施される分極を減らすことができる。

【0108】第1の実施の形態と同様にして、駆動電極

を入/2のピッチで、交互に(A+)、(A-)とし、これらと入/4ずれた駆動電極を、入/2のピッチで、交互に(B+)、(B-)として、(A+)と(A-)電極間、(B+)と(B-)電極間にそれぞれ時間的位相が90°ずれた交番電圧を印加すると、圧電素子の共通電極を挟んで(A+)と(A-)の圧電素子が直列に接続されるため、素子上で同極性に分極された分極領域が電気的には逆に接続され、(A+)と(A-)に接続された各分極領域は、互いに逆位相の伸縮力を発生することとなる。こうして、A、Bの各相の定在波が、位置的位相差入/4、および時間的位相差90°をもって励起され、進行性の振動波が励起される。

【0109】本実施の形態では第2の実施の形態と同様に振動系の減衰が大きい条件においても振幅を均等にすることができる上、表裏に鏡面对称の分極を施していることから、第2の実施の形態と比較して、有効に周方向の発生力が得られ、より低い電圧で同等の駆動力が得られ、同じ駆動電圧においては、より大きな駆動力を得られる利点がある。

【0110】(第4の実施の形態)図12、図13は第4の実施の形態を示す。

【0111】図12は本実施の形態の圧電素子の断面図、図13は図12の圧電素子の電極パターンを示す。

【0112】本実施の形態の圧電素子は、第3の実施の形態の構成の圧電素子を複数枚積層した構造のもので、圧電素子を構成する各層の構造体には図13に示す電極パターンが形成されている。

【0113】周方向の分極を施した場合、均等に分極されている場合では、素子の厚みが大きいほど発生力が大きくなる。しかしながら、電極間のピッチに比較して厚みが増すと、厚み方向の中央部の分極強度が弱くなってくる。そこで、電極間ピッチを広げると、より駆動時に電圧を必要とするという問題がある。

【0114】そこで、本実施の形態では、各層の厚みを電極のピッチに対して薄くした層を、電極を挟んで複数積層した圧電素子としたものである。

【0115】厚みを増して駆動力を増やす効果の他に、同じ厚みでも、積層素子の形状にして各層の厚みを薄く構成することによって、電極近傍で厚み方向に分極される成分が減り、効率よく駆動力を発生できる。

【0116】同じ駆動相の電極、および共通電極は、素子を厚み方向に貫くスルーホールや、内外周に設けた電極によって導通されており、表面にフレキシブルプリント基板等で電圧を印加することによって、各層に電圧を印加し、振動体を駆動することができる。

【0117】本実施の形態では、圧電素子を複数枚積層したことにより駆動電圧を少なくできるため、駆動回路を安価に構成できるほか、同じ電圧を印加する場合には、より大きな駆動力を得ることが可能な、振幅、振動力が均一な振動体を構成することができる。

【0118】(第5の実施の形態)図14は本発明の第5の実施の形態の圧電素子の電極パターンを示す。

【0119】本実施の形態は、1周に7次の曲げ進行波を励起する圧電素子である。

【0120】図14において、駆動用の分極領域3は、各半波長を2等分した領域をそれぞれA相、B相とし、6波長分を交互に配置している。駆動用の分極領域を配置しない残りの1波長分の領域には、A相定在波、B相定在波の振動状態を検出するモニター領域5が配置されている。

【0121】各駆動用、モニタ用の分極領域は、厚み方向に同じ極性で分極処理がなされており、モニタ用の分極領域は、その電極上に圧電効果によって生ずる電圧を外部の測定手段によって測定し、A、B各相の振幅の制御や、異常の検出に用いる。

【0122】図15(a)は、本実施の形態の圧電素子での進行波振幅分布を展開して示したものである。

【0123】図15(b)は、従来の配置の圧電素子で同様の進行波を励起した場合の進行波振幅分布を示す。

【0124】本実施の形態においては、1波長分を駆動に用いていないため、完全に均一な進行性振幅は得られず、わずかにむらを生じている。

【0125】しかしながら、同じ振動を、A、B相の駆動領域が左右に分離した従来の分極パターンで励起した場合と比較すると、振動振幅のむらを減らすことができている。

【0126】さらに、振動のモニタ領域を設けて各相の振幅を制御できるため、外部の電圧印加手段のA、B相間の電圧のアンバランスを原因とする振動体の振幅むらの除去、または移動体からの摩擦負荷によって生ずるアンバランスを修正し、より安定した駆動が可能となる。

【0127】(第6の実施の形態)図16は本発明の第6の実施の形態の圧電素子の電極パターンを示す。

【0128】本実施の形態は、周方向に分極を施した圧電素子の一部にA相定在波、B相定在波の振動状態を検出するモニタ領域5を配置したものである。

【0129】モニタ領域の電極には、振動体に生じた振動に対応して、圧電素子の歪みによる圧電効果によって電圧が生じる。これを外部の測定手段に配線して振動振幅の制御や、異常の検出に用いる。

【0130】本実施の形態では、モニタ領域5に圧電定数の大きい、歪みと同方向の分極を用いるため、検出される電圧が高く、耐ノイズ性を高めることができる。

【0131】(第7の実施の形態)図17は本発明の第7の実施の形態の圧電素子の分極パターンである。

【0132】上記した第5および第6の実施の形態に示したモニタ領域は、駆動用の分極領域の配置をそのまま用いていたため、駆動用の領域を減らすことになり、加振力の分布を変化させ、僅かに振動振幅にむらを生じていた。

【0133】そこで、本実施の形態においては、モニタ領域5を駆動領域の一部を切り欠いて配置し、駆動領域の減少を少なくしたものである。

【0134】モニタ領域5は、駆動用の分極領域の境界部分に、一部を切り欠いて配置されており、駆動領域は全周に配置されている。

【0135】各駆動領域は、中央部分でもっとも発生力が大きく、その周方向両端へいくにしたがって減少する傾向にあるため、本実施の形態のように、境界部分に配置することによって、モニタ領域を配置するために切り欠いた駆動領域の発生力の減少を小さく抑えることができる。

【0136】第7の実施の形態の変形例さらに、加振力の分布変化を少なくするには、図18に示すように、モニタ電極と同形状の分極部を4分の1波長のピッチで全周に設けても良い。図18の実施の形態では、駆動領域の配置を変えることなくモニタ領域を配置できる。

【0137】(第8の実施の形態)図29は本発明の第8の実施の形態の圧電素子の分極パターンである。

【0138】図29において、(+)記号で示された極性に分極処理された分極領域は、各領域が4分の1波長の長さの駆動領域であり、それぞれ位置的位相差が半波長ずれた2つの振動を励起するA相、B相用の駆動領域として使用される隣り合う2つの分極領域が6組連続的に配置されている。

【0139】一方、図中(-)記号で示された極性に分極された分極領域は、同様に各領域が4分の1波長の長さの駆動領域であり、それぞれ位置的位相差が半波長ずれた2つの振動を励起するA相、B相用の駆動領域として使用される隣り合う2つの分極領域が1組だけ(+)の極性に分極された分極領域とは4分の1波長の整数倍の間隔を隔てて配置されている。

【0140】本実施の形態の圧電素子に配置された分極領域は全て駆動領域として使用されるが、隣接し、他の分極領域とは隣接しない1組のみ極性を異ならせている。

【0141】本実施の形態のように、互いに隣接しない分極領域は、極性が異なる分極処理を行っても、十分その間隔が離れているために、各分極領域間での分極がなされず、圧電素子の材料特性、発生力の不均一は少ないため、振幅、駆動力がより均一な振動体を構成する効果がある。

【0142】(第9の実施の形態)図30は本発明の第9の実施の形態の振動体を用いた振動波モータによる駆動装置を示す概略図である。

【0143】本実施の形態の振動波駆動装置を構成する振動体は、図1に示す振動体を用いたもので、移動体6が前記振動体に不図示の加圧支持機構を用いて回転自在に圧接され、移動体6と前記振動体との間には耐摩耗性摩擦材料が介在している。

【0144】前記振動体の、移動体6との接触部に励起した駆動振動によって、移動体6が連続的に駆動され、移動体6の回転運動により、他の駆動機構を駆動する。

【0145】上記した構成の本実施の形態の駆動装置は、移動体6の回転運動によって直接被駆動物体を移動させるような駆動機構、例えばローラによるシート搬送装置、または電子写真装置の感光ドラム駆動等である。あるいは、被駆動物体との間に、ギア、ベルト、リンク機構等を介在させて駆動する装置である。

【0146】本実施の形態では、振動振幅、発生力がより均一化されるため、移動体の駆動速度のむらが少なく、被駆動物体を速度ムラを少なく駆動できる。また、駆動力のむらが少ないため、位置決め時の制御性が向上し、高精度な駆動装置を構成できる。

【0147】(第10の実施の形態)図31は本発明の第10の実施の形態を示す振動波駆動装置の概略図である。

【0148】本実施の形態の振動波駆動装置を構成する振動体は、図1に示す振動体を用いたもので、この振動体により被駆動部材を直接駆動する。

【0149】本実施の形態の振動波駆動装置は、他の装置や部品を駆動する駆動装置、または電子写真装置のトナー等の粉体、インク等の流体を搬送する、粉体または流体搬送装置として機能する。具体的には、振動体の駆動部に搬送管を接触させ、この搬送管内を前記粉体または流体を搬送させる。

【0150】本実施の形態では、振動振幅、発生力がより均一化されるため、被駆動部材を速度むらを少なく駆動できる。また、駆動力のむらが少ないため、位置決め時の制御性が向上し、高精度な振動波駆動装置を提供できる。

【0151】

【発明の効果】請求項1、2に係る発明によれば、近接した領域から各振動を励振し、これらを複数配置することにより、減衰による振幅のむらを低減できる。

【0152】請求項3に係る発明によれば、厚み方向に同一方向に分極された電気-機械エネルギー変換素子を用いた振動体は、剛性のむらがなく、近接した領域から各振動を励振し、これらを複数配置することにより、剛性の不均一および減衰による振幅のむらを低減できる。

【0153】請求項4、5、6に係る発明によれば、周方向に分極された電気-機械エネルギー変換素子を用いた振動体は、周方向に分極された電気-機械エネルギー変換素子を用いた振動体は、より小さい電圧で駆動が可能で、厚み方向の変位を利用した電気-機械エネルギー変換素子との比較において、同じ電圧では駆動力が大きく、減衰による振幅のむらを低減した振動体とすることができる。

【0154】請求項7に係る発明によれば、周方向に分極され、厚み方向に対して鏡面対象に分極された電気-

機械エネルギー変換素子を用いた振動体は、より有効に周方向の分極が施され、より小さい電圧で駆動が可能で、換エネルギー素子を用いた振動体は、より小さい電圧で駆動が可能で、厚み方向の変位を利用した電気-機械エネルギー変換素子との比較において、同じ電圧では駆動力が大きく、減衰による振幅のむらを低減した振動体とすることができます。

【0155】請求項8に係る発明によれば、周方向に分極された積層構造の電気-機械エネルギー変換素子を用いた振動体は、より小さい電圧で駆動でき、駆動力を大きくすることができます。

【0156】請求項9に係る発明によれば、電気-機械エネルギー変換素子と弾性体が一体に形成された振動体は、簡単な構造で安価な振動体とすることができます。

【0157】請求項10、11に係る発明によれば、変位拡大用の溝が施された振動体においても減衰による振幅のむらを低減した振動体とすることができます。

【0158】請求項12に係る発明によれば、振動体の振動状態をモニタすることによって、振動状態の制御が可能となり、より振動振幅むらを低減することができます。

【0159】請求項13～15に係る発明によれば、速度むらが少なく、長寿命な振動波駆動装置、振動波駆動装置を有する装置、搬送装置を構成することができます。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態の斜視図

【図2】図1の圧電素子のパターン図で、(a)は表面側、(b)は裏面側を示す。

【図3】図1の圧電素子の駆動電極と節位置を示し、(a)はA相、(b)はB相を示す。

【図4】図1の圧電素子の給電用のフレキシブルプリント配線板を示す図。

【図5】図1の圧電素子の分極部分の部分断面図。

【図6】本発明の第2の実施の形態の圧電素子のパターン図で、(a)は表面側、(b)は裏面側を示す。

【図7】図6の圧電素子の分極状態を示す部分平面図

【図8】図6の圧電素子の分極状態を示す断面図

【図9】本発明の第3の実施の形態の圧電素子のパターン図で、(a)は表面、(b)は裏面側を示す。

【図10】図9の圧電素子の分極状態を示す部分平面図。

【図11】図9の圧電素子の分極状態を示す部分断面図。

【図12】本発明の第4の実施の形態の圧電素子の分極状態を示す部分断面図。

【図13】図12の圧電素子の電極パターンを示す平面図。

【図14】本発明の第5の実施の形態の圧電素子の分極パターンを示す図。

【図15】本発明の第5の実施の形態の振動体の波形図

で、(a)は定在波、(b)は進行波振動の振幅の分布を夫々示す。

【図16】本発明の第5の実施の形態の圧電素子の電極パターン図

【図17】本発明の第7の実施の形態の圧電素子の分極パターンの平面図。

【図18】第7の実施の形態の変形例を示す圧電素子の分極パターンの平面図。

【図19】本発明の第1の実施の形態の基本の分極パターンの平面図。

【図20】(1)～(4)は本発明の第1の実施の形態の基本の分極パターンでの振動振幅を表す波形図

【図21】従来の振動体の斜視図。

【図22】(1)～(3)は進行波型振動波モータの駆動原理を表す展開図。

【図23】図21の圧電素子の分極パターン図で、(a)は表面、(b)は裏面側を示す。

【図24】図21の圧電素子の断面図。

【図25】図21の振動体の波形図を示す。

【図26】従来の他の圧電素子の分極パターンを示し、(a)は表面、(b)は裏面側を示す。

【図27】図26の圧電素子を用いた振動波モータにおける移動体の回転速度に対する振動体の減衰比の関係を示す図

【図28】(1)～(3)は図26の圧電素子を用いた振動体の振動振幅の波形図。

【図29】本発明の第8の実施の形態の圧電素子の分極パターンを示す図。

【図30】本発明の第9の実施の形態を示す斜視図。

【図31】本発明の第10の実施の形態を示す斜視図。

【符号の説明】

1…振動体

2…圧電素子

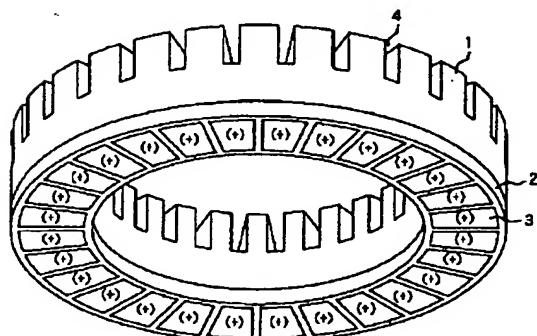
3…電極

4…溝

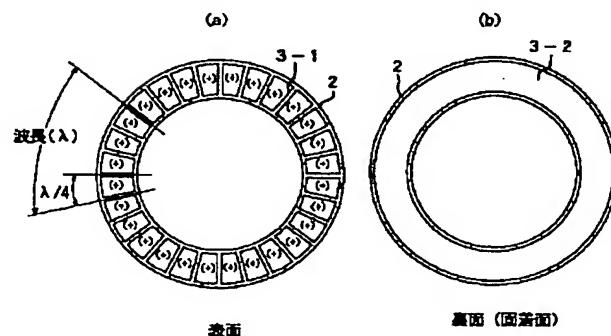
5…モニタ電極

6…移動体

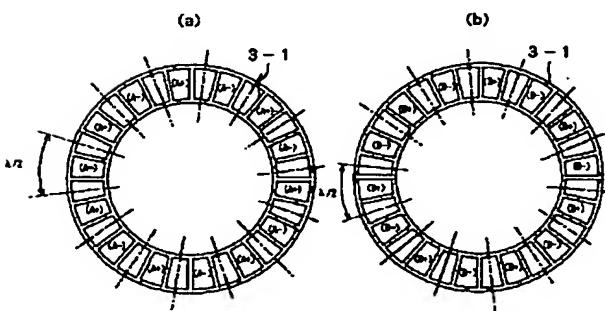
【図1】



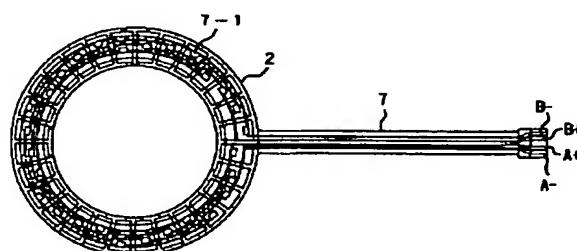
【図2】



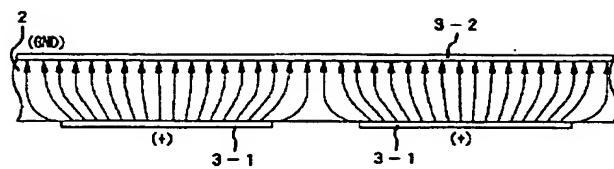
【図3】



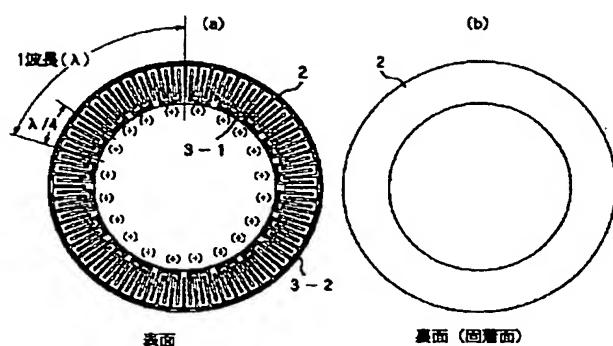
【図4】



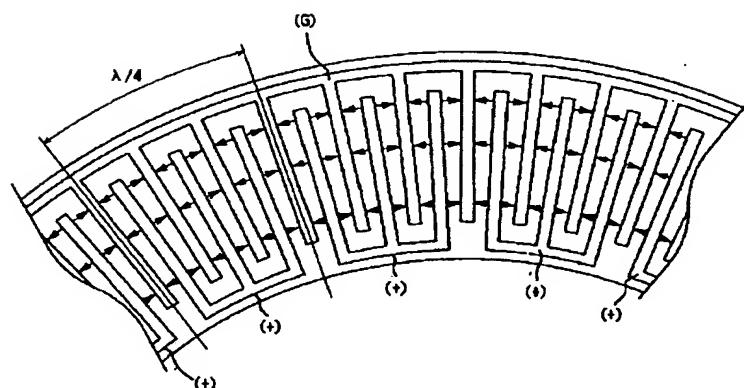
【図5】



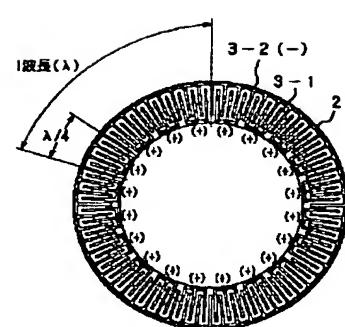
【図6】



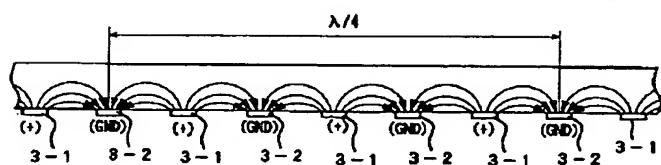
【図7】



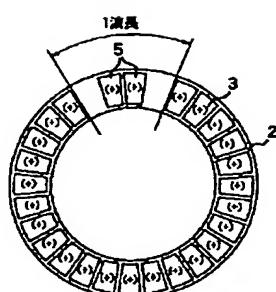
【図13】



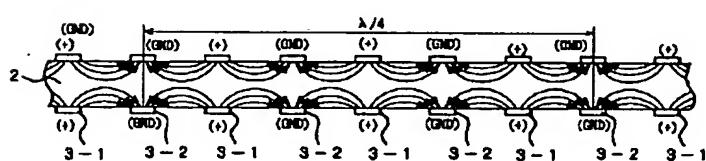
【図8】



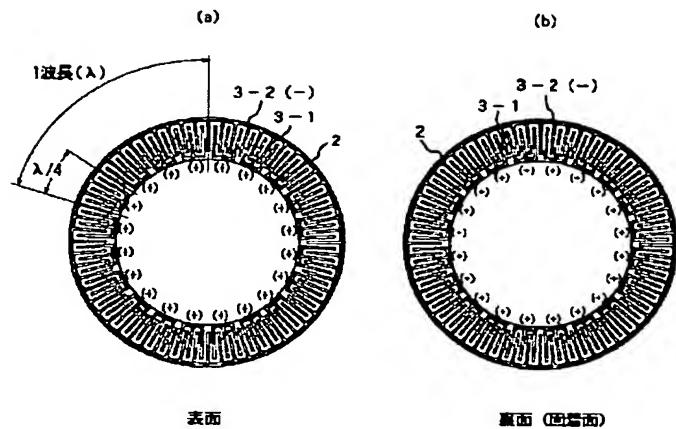
【図14】



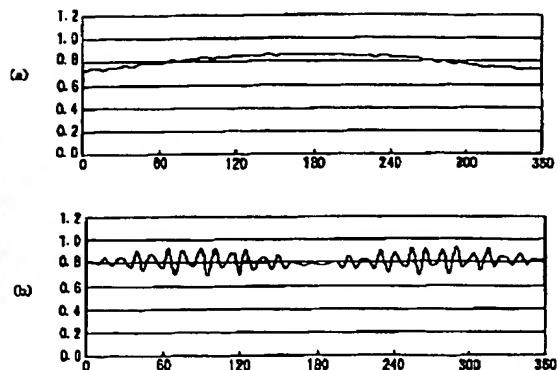
【図11】



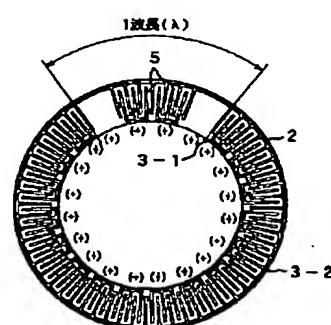
【図9】



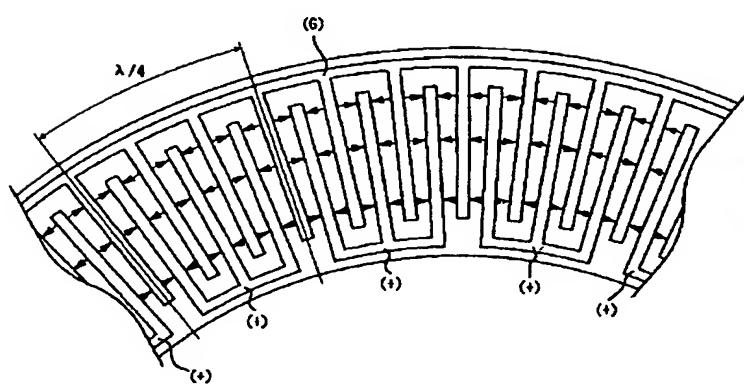
【図15】



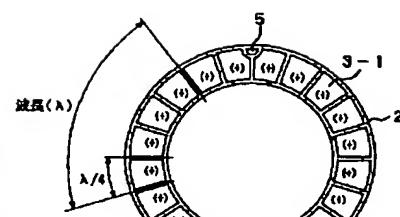
【図16】



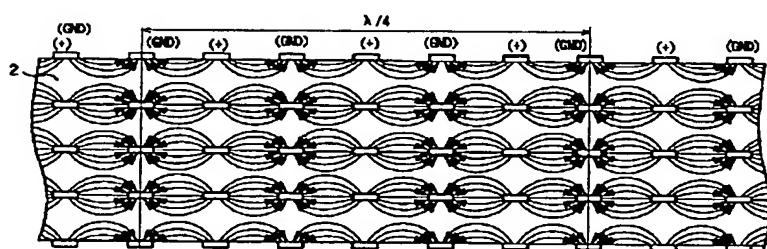
【図10】



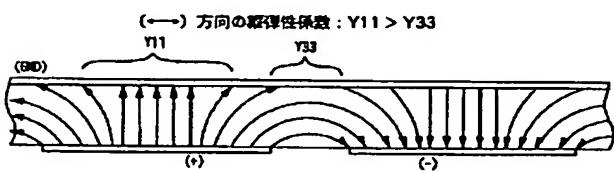
【図17】



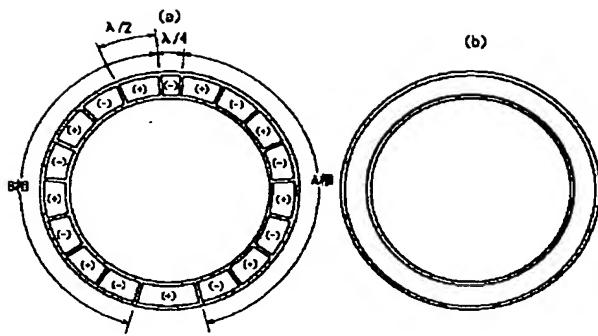
【図12】



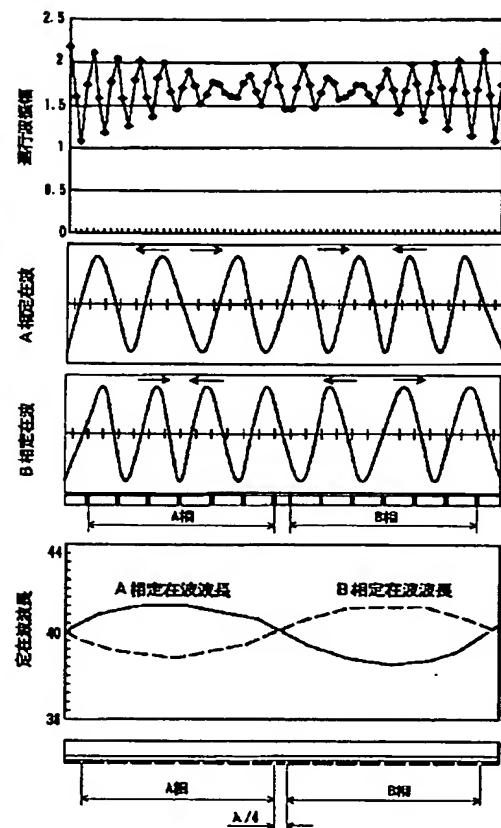
【図24】



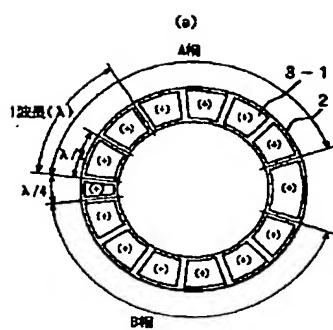
【図23】



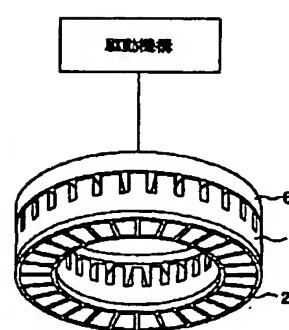
【図25】



【図26】



【図30】



【図31】

